

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор ЗПО «ДПТК»

Олександр СТРИЛЕЦЬ

« 28 » серпня 2026 р.

ПОГОДЖЕНО

Заступник директора ЗНУМР ЗПО «ДПТК»

Сергій ГОРДІЄНКО

« 28 » серпня 2026 р. я

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ
з навчальної дисципліни ОК 8 «ХІМІЯ»**

Спеціальність: G9 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма: «Зварювальне виробництво»

ЗМІСТ

Загальні методичні положення

Тематичний план самостійної роботи (48 годин)

Порядок виконання, оформлення та оцінювання

Напрямок 1. Базові Хімічні Поняття Та Розрахунки (теми 1–6)

Напрямок 2. Овр, Електрохімія Та Властивості Металів (теми 7–12)

Напрямок 3. Хімічні Процеси У Зварюванні (теми 13–18)

Напрямок 4. Зварювальні Матеріали, Корозія Та Екологія (теми 19–24)

Додаток А. Індивідуальні вихідні дані: стехіометрія та розчини

Додаток Б. Індивідуальні вихідні дані: теплота і склад шва

Додаток В. Індивідуальні вихідні дані: газові суміші та корозія

Додаток Г. Форма звіту й пам'ятка самоперевірки

Рекомендовані джерела

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Самостійна робота є частиною обов'язкової дисципліни ОК 8 «Хімія» для ОПП «Зварювальне виробництво». Вона продовжує матеріал 27 лекцій і допомагає підготуватися до дев'яти практичних робіт, але не дублює їхні повні багатокрокові розрахунки. Завдання побудовано навколо типових матеріалів і ситуацій зварювального виробництва: сталь, алюміній, електроди, дріт, флюси, захисні гази, оксиди, корозія та виробничі відходи.

Усі технологічні цифри в індивідуальних таблицях — навчальні. Вони не є нормами витрати матеріалів, допустимими концентраціями, режимами зварювання або правилами поводження з небезпечними реагентами. Роботи виконують як розрахунково-аналітичні завдання без самостійного проведення хімічних дослідів, травлення, роботи з газовими балонами чи зварювальним устаткуванням.

Результат самостійної підготовки

- Правильно записувати формули, рівняння реакцій та кількісні співвідношення; робити перевірку масового балансу.
- Пояснювати реакції металу з газовим і шлаковим середовищем, роль складу матеріалу, можливі причини дефектів.
- Виконувати нескладні навчальні розрахунки складу розчинів, теплових витрат, газових сумішей, легування й корозії.
- Працювати з технічними підручниками, відокремлювати вихідні дані від припущень та формулювати короткий професійний висновок.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

НАПРЯМ 1. БАЗОВІ ХІМІЧНІ ПОНЯТТЯ ТА РОЗРАХУНКИ

№ СРС	Тема	Год.
1	Узагальнення закону збереження маси та стехіометричних співвідношень; обчислення з обмежувальним реагентом	2
2	Періодичні зміни властивостей елементів; зв'язок типу кристалічної будови з властивостями металів	2
3	Номенклатура оксидів, кислот, основ і солей; складання схем хімічних перетворень	2
4	Визначення масової частки й концентрації; задачі на розведення та змішування розчинів	2
5	Гідроліз солей, кислотність технологічної води; типові розрахунки нейтралізації	2
6	Фактори швидкості реакції; енергетичні схеми та зміщення рівноваги	2

НАПРЯМ 2. ОВР, ЕЛЕКТРОХІМІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

№ СРС	Тема	Год.
7	Електронний баланс простих ОВР; послідовність активності металів	2
8	Схеми корозійних гальванічних пар і порівняння способів захисту	2
9	Окисні плівки на поверхні конструкційних металів та їхній вплив на зварювання	2
10	Вплив C, Mn, Si, Cr, Ni, S і P на властивості та зварюваність сталей	2
11	Окисні плівки і взаємодія алюмінію, міді й титану з атмосферою	2
12	Теплові втрати та спрощений енергетичний баланс зварювальної дуги	2

НАПРЯМ 3. ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ЗВАРЮВАННІ

№ СРС	Тема	Год.
13	Кисень, азот і водень у розплаві; фактори газонасичення й пористості	2
14	Коефіцієнт переходу елемента і навчальний розрахунок хімічного складу шва	2
15	Хімічні властивості Ar, He, CO ₂ ; склад і застосування навчальних газових сумішей	2
16	Повне і неповне горіння ацетилену; реакції газового різання	2

№ СРС	Тема	Год.
17	Класифікація компонентів електродного покриття за функціями	2
18	Основність зварювальних флюсів і перехід продуктів розкиснення до шлаку	2

НАПРЯМ 4. ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОРОЗІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

№ СРС	Тема	Год.
19	Порівняння суцільного й порошкового дроту; матеріальний баланс присадки	2
20	Узагальнення взаємодії металу, газу і шлаку під час розкиснення та легування	2
21	Хімічні причини пористості та неметалевих включень; профілактичні заходи	2
22	Гальванічна неоднорідність зварного з'єднання і показники швидкості корозії	2
23	Порівняння очищення, знежирення, травлення і захисних покриттів	2
24	Джерела аерозолів, газових продуктів і хімічні аспекти поводження з відходами	2

Разом: 24 теми × 2 години = 48 годин. За змістовими модулями робочої програми: загальнохімічні основи — СРС № 1–8 (16 год), хімія зварювального виробництва — СРС № 9–24 (32 год).

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ, ОФОРМЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ

1. Перед початком роботи прочитати відповідну лекцію, а з рекомендованих джерел — зазначений розділ. Не переписувати підручник; зробити короткий робочий конспект формул або схему.
2. Занести вихідні дані, указати одиниці. Для тем № 1, 4, 12, 14, 15, 22 використати рядок індивідуального варіанта з додатків А–В; інші завдання виконати за числами, поданими в умовах.
3. Подати розв'язання в послідовності «рівняння / формула → підстановка → результат з одиницями → перевірка». Якщо відомостей недостатньо для технічного рішення — зазначити, яких даних бракує.
4. Наприкінці кожної теми скласти висновок на 3–5 речень і відповісти на контрольні запитання. Завантажити звіт у форматі, визначеному викладачем, або здати робочий зошит.

Рекомендований обсяг: 1–2 сторінки на одну тему, якщо завдання не потребує великої таблиці. Структура звіту наведена в додатку Г. Для діаграм, таблиць і схем достатньо чіткого чорно-білого оформлення; фотографії й сторонні ілюстрації додають лише за потреби з посиланням на джерело.

Рівень	Бал за 1 СРС	Критерії
Повне виконання	1	Є конспект / схема, коректні розрахунки або аргументована технічна таблиця, перевірка, висновок та джерела.
Часткове виконання	0,5	Основне завдання виконано, проте є неповна перевірка, поодинокі помилки або недостатньо обґрунтований висновок.
Не зараховано	0	Роботу не подано або немає результату, за яким можна оцінити засвоєння теми.

За всі 24 теми можна набрати до 24 балів: СРС № 1–8 — до 8 балів, СРС № 9–24 — до 16 балів. Це відповідає робочій програмі, де практичні роботи, СРС та модульні контролю разом дають 70 балів, а підсумкова робота — 30 балів. Конкретний порядок перескладання та строки визначаються локальними положеннями закладу.

Використання довідників і електронних засобів допустиме з перевіркою отриманих чисел та зазначенням джерела. Готовий текст або результат автоматичного розрахунку без розуміння ходу роботи не замінює власного пояснення здобувача.

НАПРЯМ 1. БАЗОВІ ХІМІЧНІ ПОНЯТТЯ ТА РОЗРАХУНКИ

Від рівняння реакції до кількості матеріалу. Тут важливо впевнено переходити між масою, кількістю речовини та концентрацією і правильно оформлювати розрахунок.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 1

Узагальнення закону збереження маси та стехіометричних співвідношень; обчислення з обмежувальним реагентом

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Скласти матеріальний баланс простої реакції та відрізнити реагент, якого не вистачає, від реагенту з надлишком.

Короткі теоретичні відомості. За коефіцієнтами рівняння порівнюють не маси, а кількості речовин. Технічна сировина містить домішки, тому для хімічного розрахунку беруть масу чистого компонента. Обмежувальний реагент визначає теоретичний вихід продукту.

Порядок опрацювання

1. Записати рівняння реакції та молярні маси речовин.
2. Обчислити масу чистого реагенту і кількість його молів.
3. Порівняти n/v для обох реагентів; розрахувати продукт за меншим відношенням.
4. Перевірити кількість атомів і матеріальний баланс.

Зразок або опорна схема

$\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Для 10,0 г технічного CaCO_3 із чистотою 80 %: $m(\text{чист.}) = 8,0$ г; $n(\text{CaCO}_3) \approx 0,080$ моль. Якщо $\text{HCl} = 0,12$ моль, вона обмежує реакцію: $n(\text{CO}_2) = 0,060$ моль; $m(\text{CO}_2) \approx 2,64$ г.

Завдання для самостійного виконання

1. За даними свого варіанта з таблиці А визначити обмежувальний реагент у взаємодії CaCO_3 з HCl .
2. Обчислити теоретичну масу CO_2 і залишок реагенту, який узято з надлишком.
3. Виконати контроль рівняння та сформулювати висновок про вплив чистоти сировини.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому не можна порівнювати маси HCl і CaCO_3 без переходу до молів? 2) Чи впливає домішка, що не реагує, на стехіометричний вихід CO_2 ?

Джерела: [1], лекція 1; [2], тема 1; [4], розд. 1; [7], завдання зі стехіометрії.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 2

Періодичні зміни властивостей елементів; зв'язок типу кристалічної будови з властивостями металів

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Пояснити на конкретних елементах зв'язок електронної будови з типом зв'язку та властивостями матеріалу.

Короткі теоретичні відомості. Номер елемента визначає заряд ядра, а електрони зовнішнього рівня істотно впливають на характер зв'язку. Для конструкційних металів характерний металічний зв'язок; іонний та ковалентний зв'язки важливі для розуміння властивостей оксидів, кераміки і неметалевих включень.

Порядок опрацювання

1. За періодичною системою записати Z , період і групу для Fe, Al, Cu, Si та O.
2. Порівняти металічні/неметалічні властивості без розгорнутих квантово-механічних розрахунків.
3. Скласти порівняльну таблицю «речовина — переважний тип зв'язку — технологічний наслідок».

Зразок або опорна схема

Для Al характерний металічний зв'язок, тому він електропровідний і пластичний; поверхневий Al_2O_3 — тугоплавка оксидна сполука. Властивості металу й оксидної плівки різко різняться, що враховують під час підготовки алюмінію до зварювання.

Завдання для самостійного виконання

1. Заповнити таблицю для Fe, Al, Cu, Si, Al_2O_3 та SiO_2 .
2. Скласти коротке пояснення, чому наявність оксидної плівки змінює стан поверхні перед зварюванням.
3. Навести два приклади, коли хімічна природа включення відрізняється від хімічної природи основного металу.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чим металічний зв'язок відрізняється від йонного? 2) Чому властивості Al і Al_2O_3 не можна ототожнювати?

Джерела: [1], лекції 2, 9, 11; [2], теми 2–3; [4], розд. 2–3.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 3

Номенклатура оксидів, кислот, основ і солей; складання схем хімічних перетворень

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Правильно читати формули речовин, які трапляються під час очищення металу, корозії та утворення шлаку.

Короткі теоретичні відомості. Оксиди утворюються при взаємодії елементів з киснем; кислоти, основи та солі беруть участь у реакціях нейтралізації й обміну. Хімічний склад матеріалу записують точно: FeO , Fe_2O_3 та Fe_3O_4 — різні сполуки, а не взаємозамінні назви «іржа».

Порядок опрацювання

1. Класифікувати формули за основними класами неорганічних сполук.
2. Установити ступені окиснення елементів у кожній речовині.
3. Записати і зрівняти наведені рівняння; перевірити збереження атомів.

Зразок або опорна схема

$\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$. Fe_2O_3 — оксид, HCl — кислота, FeCl_3 — сіль. Це навчальна реакція оксиду з кислотою; її не слід автоматично трактувати як готову виробничу інструкцію з травлення.

Завдання для самостійного виконання

1. Дати назви FeO , Fe_2O_3 , CaO , MnO , SiO_2 , HCl , NaOH , FeCl_3 , CaCO_3 .
2. Скласти рівняння $\text{Fe} + \text{HCl}$; $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$; $\text{CuO} + \text{H}_2\text{SO}_4$; $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$; класифікувати кожну реакцію.
3. Обрати два оксиди, які можуть входити до складу шлаку, і стисло описати їхню роль.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому рівняння реакції потрібно зрівнювати, а не змінювати індекси у формулах? 2) Яка відмінність між формулою оксиду та сумішшю оксидів?

Джерела: [1], лекції 3, 19; [2], тема 4; [7], розд. «Основні класи неорганічних сполук».

САМОСТІЙНА РОБОТА № 4

Визначення масової частки й концентрації; задачі на розведення та змішування розчинів

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Розрахувати склад умовного технологічного розчину і виконати перевірку масового балансу.

Короткі теоретичні відомості. Масова частка $w = m(\text{розчиненої речовини})/m(\text{розчину})$; у відсотках її множать на 100. Для змішування без хімічної реакції маса розчиненої речовини у вихідних розчинах дорівнює її масі в кінцевій суміші. Об'ємні дані застосовують тільки тоді, коли відома густина.

Порядок опрацювання

1. Перевести всі задані відсотки у частки одиниці.
2. Обчислити потрібну масу розчиненої речовини.
3. Скласти рівняння балансу для концентрату і води.
4. Перевірити суму мас та отриману концентрацію.

Зразок або опорна схема

Для 2,0 кг 5 %-го розчину з 20 %-го концентрату потрібно $2,0 \times 0,05/0,20 = 0,50$ кг концентрату; води — 1,50 кг. Перевірка: $0,50 \times 0,20 / 2,0 = 0,05$.

Завдання для самостійного виконання

1. За таблицею А визначити масу концентрату та води для модельного розчину заданої масової частки.
2. Розрахувати результат змішування 300 г 10 %-го і 200 г 4 %-го розчинів тієї самої речовини.
3. Пояснити, чому у звіті обов'язково вказують масову, а не просто «відсоткову» концентрацію.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Коли допускається використовувати V замість m ? 2) Чим розбавлення відрізняється від нейтралізації?

Джерела: [1], лекція 4; [2], тема 6; [3], розд. «Розчини»; [4], розд. «Розчини».

САМОСТІЙНА РОБОТА № 5

Гідроліз солей, кислотність технологічної води; типові розрахунки нейтралізації

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Розрізнати кислотність середовища, гідроліз солей і нейтралізацію на модельних прикладах.

Короткі теоретичні відомості. рН характеризує активність йонів H^+ і є логарифмічною величиною. Для простих навчальних задач із повністю дисоційованими сильними кислотами припускають $pH \approx -\lg c(H^+)$. Для реальної технологічної води потрібні вимірювання й уточнення складу; рН не дає повної характеристики води.

Порядок опрацювання

1. Указати кислотний, нейтральний або лужний характер наведених водних середовищ.
2. Записати молекулярне та скорочене йонне рівняння нейтралізації.
3. Виконати стехіометричний розрахунок з одиницями вимірювання.

Зразок або опорна схема

Для нейтралізації 0,50 л 0,10 моль/л HCl: $n(HCl) = 0,050$ моль. За $HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O$ потрібно 0,050 моль NaOH, тобто 0,25 л розчину з $c(NaOH)=0,20$ моль/л.

Завдання для самостійного виконання

1. Обчислити потрібний об'єм 0,10 моль/л NaOH для нейтралізації 200 мл 0,15 моль/л HCl.
2. Порівняти можливий характер середовища розчинів NaCl, Na_2CO_3 та NH_4Cl , аргументуючи через походження солей.
3. Пояснити, чому розраховане значення рН треба перевіряти вимірюванням, якщо йдеться про справжню технологічну воду.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чи завжди нейтральний розчин має рН 7 за будь-якої температури?
2) Чому не можна нейтралізувати невідомі виробничі відходи лише за паперовим розрахунком?

Джерела: [1], лекції 4–5; [2], тема 6; [3], розд. «Розчини електrolітів».

САМОСТІЙНА РОБОТА № 6

Фактори швидкості реакції; енергетичні схеми та зміщення рівноваги

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Пояснювати вплив температури, концентрації та стану поверхні на хімічний процес.

Короткі теоретичні відомості. Швидкість реакції залежить від природи реагентів, концентрації, температури та площі контакту фаз. Каталізатор змінює швидкість досягнення рівноваги, але не її положення. Принцип Ле Шательє описує зміну рівноважного стану при зовнішньому впливі на рівноважну систему.

Порядок опрацювання

1. Розділити наведені приклади на кінетичні й рівноважні задачі.
2. Скласти таблицю «чинник — очікувана зміна — пояснення».
3. Накреслити дві енергетичні схеми: екзо- та ендотермічну реакції.

Зразок або опорна схема

Розклад $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$ є ендотермічним. Для ідеалізованої рівноважної системи підвищення температури сприяє ендотермічному напрямку; видалення CO_2 також зміщує рівновагу до утворення продуктів. У реальній печі важлива також швидкість теплообміну.

Завдання для самостійного виконання

1. Пояснити, чому дрібнодисперсний оксид за інших однакових умов реагує швидше за великий шматок.
2. Для системи $\text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{CO}_2$ вказати вплив підвищення температури та зростання парціального тиску CO_2 .
3. Порівняти роль нагрівання й каталізатора без числових моделей кінетики.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чи збігаються поняття «швидка реакція» і «термодинамічно можлива реакція»? 2) Чому нагрівання прискорює не всі технологічні процеси однаково?

Джерела: [1], лекції 6, 12; [2], тема 5; [4], розд. «Термодинаміка», «Кінетика», «Рівновага»; [5], розд. 2–3.

НАПРЯМ 2. ОВР, ЕЛЕКТРОХІМІЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ МЕТАЛІВ

Пов'язуємо хімічну активність металів із поведінкою поверхні, вибором матеріалу та тепловими процесами зварювання.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 7

Електронний баланс простих ОВР; послідовність активності металів

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Визначити окисник і відновник у реакціях конструкційних металів.

Короткі теоретичні відомості. Окиснення супроводжується віддаванням електронів і збільшенням ступеня окиснення; відновлення — приєднанням електронів. Ряд активності допомагає прогнозувати напрям простих реакцій витіснення з розчинів, але реальна поведінка металу залежить також від пасивації та середовища.

Порядок опрацювання

1. Визначити ступені окиснення до і після реакції.
2. Записати електронні напівреакції та зрівняти передані електрони.
3. Знайти окисник, відновник і обґрунтувати перебіг реакції.

Зразок або опорна схема

$\text{Zn} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$. $\text{Zn}^0 \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$; $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^0$. Цинк — відновник, йони Cu^{2+} — окисник.

Завдання для самостійного виконання

1. Методом електронного балансу зрівняти $\text{Fe} + \text{CuSO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$ та $\text{Al} + \text{O}_2 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3$; підписати процеси.
2. Порівняти поведінку заліза, цинку та міді у навчальних модельних реакціях із CuSO_4 .
3. Пояснити, чому для алюмінію одного місця в ряду активності недостатньо, щоб описати його стійкість на повітрі.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Хто є окисником, а хто відновником у реакції цинку з купрум(II) сульфатом? 2) Як пасивна плівка впливає на спостережувану швидкість реакції?

Джерела: [1], лекції 7–8; [2], тема 7; [4], розд. «Окисно-відновні процеси».

САМОСТІЙНА РОБОТА № 8

Схеми корозійних гальванічних пар і порівняння способів захисту

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Побудувати схему анодної й катодної ділянок і розрізнити механізми захисту.

Короткі теоретичні відомості. Електрохімічна корозія потребує анодної і катодної реакцій та електропровідного середовища. У парі різнорідних металів напрям корозії визначається реальними потенціалами і умовами контакту. Лакофарбовий бар'єр, цинкове покриття та катодний захист діють за різними механізмами.

Порядок опрацювання

1. Накреслити контакт «сталь — цинк» у вологому електроліті.
2. Позначити анод, катод, рух електронів у металі та йонні процеси в електроліті.
3. Порівняти бар'єрне, протекторне і конструктивне запобігання корозії.

Зразок або опорна схема

Для навчальної пари $\text{Zn}|\text{електроліт}|\text{Fe}$ за типових умов активнішим анодом є Zn : $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$. Покриття з цинку за наявності електроліту може забезпечувати також протекторну дію; фарба зазвичай працює як бар'єр.

Завдання для самостійного виконання

1. Скласти схеми контакту сталь–мідь і сталь–цинк у вологому середовищі та порівняти можливі наслідки пошкодження покриття.
2. Заповнити таблицю способів захисту: механізм, приклад, обмеження.
3. Пояснити, чому оцінка стійкості готового зварного вузла потребує відомостей про електроліт та конструкцію.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому ділянка анода є місцем розчинення металу? 2) Чим захисна дія цинку відрізняється від суто бар'єрної дії лаку?

Джерела: [1], лекції 8, 23, 25; [6], розд. 2, 4, 8; [8], розд. «Корозія металів».

САМОСТІЙНА РОБОТА № 9

Окисні плівки на поверхні конструкційних металів та їхній вплив на зварювання

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Показати, як склад і цілісність оксидного шару позначаються на підготовці кромок.

Короткі теоретичні відомості. Під час зберігання та нагрівання на металах утворюються оксиди. На сталі можуть траплятися FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 ; на алюмінії — Al_2O_3 . Оксиди відрізняються тугоплавкістю, захисними властивостями та впливом на змочування поверхні.

Порядок опрацювання

1. За хімічними формулами встановити вид металу й оксиду.
2. Зіставити оксидні плівки за характером утворення і практичним наслідком.
3. Скласти карту перевірки поверхні перед зварюванням без опису небезпечної домашньої хімічної обробки.

Зразок або опорна схема

Al утворює щільну плівку Al_2O_3 . Її температурна поведінка відрізняється від поведінки основного металу, тому під час підготовки поверхні важливі спеціально передбачені технологією способи видалення забруднень та оксидів.

Завдання для самостійного виконання

1. Заповнити порівняльну таблицю для Fe, Al, Cu, Ti: типовий оксид, характер плівки, можливий вплив на зварний шов.
2. Розглянути умовні фотографічні описи кромок: блискуча суха; із суцільною іржею; із залишками мастила; з алюмінієвою плівкою. Вказати, яку додаткову інформацію слід зібрати перед роботою.
3. Написати три речення про відмінність оксидної плівки й органічного забруднення.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому очищення від мастила не дорівнює видаленню оксидів? 2) Чим захисна пасивна плівка відрізняється від пухких продуктів корозії?

Джерела: [1], лекції 9, 11, 24; [5], розд. 5; [6], розд. 3.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 10

Вплив C, Mn, Si, Cr, Ni, S і P на властивості та зварюваність сталей

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Аналізувати паспортний хімічний склад сталі без спроб визначити зварюваність за одним показником.

Короткі теоретичні відомості. Вуглець істотно впливає на структуру та механічні характеристики сталей; Mn і Si часто виконують розкиснювальні й легувальні функції; Cr та Ni застосовують для зміни властивостей і корозійної стійкості. S та P контролюють з огляду на можливість небажаних структурних і технологічних ефектів.

Порядок опрацювання

1. Створити таблицю «елемент — функція — можливий недолік за надлишку».
2. Порівняти навчальні паспорти двох сталей за вмістом C, Mn, Si, Cr, Ni, S, P.
3. Визначити, які параметри технології неможливо обґрунтовано вибрати лише за паспортом складу.

Зразок або опорна схема

Модельні склади: сталь А — C 0,10 %, Mn 0,60 %, Si 0,20 %; сталь Б — C 0,24 %, Mn 1,10 %, Si 0,35 %. Порівняння масових часток показує відмінність хімічної основи, але саме по собі не встановлює режим попереднього підігрівання або допустимість конкретного зварювального процесу.

Завдання для самостійного виконання

1. Доповнити для сталей А/Б: Cr=0,10/0,20 %, Ni=0,10/0,15 %, S=0,020/0,035 %, P=0,020/0,030 %; визначити сумарні масові частки семи зазначених елементів.
2. Підготувати стислий висновок про роль C, Mn, Si, Cr, Ni, S, P у металі шва і ЗТВ.
3. Зазначити, які додаткові документи або випробування потрібні для вибору реальної технології зварювання.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому хімічний склад і зварюваність — не тотожні поняття? 2) Чому вміст S та P у паспорті матеріалу контролюють окремо?

Джерела: [1], лекції 10, 15, 21; [2], тема 8; [5], розд. 8.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 11

Оксидні плівки і взаємодія алюмінію, міді й титану з атмосферою

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Порівняти причини підвищених вимог до захисту під час зварювання кольорових металів.

Короткі теоретичні відомості. Al, Cu та Ti по-різному взаємодіють із киснем. Алюміній і титан утворюють оксидні плівки, причому нагрітий титан особливо чутливий до взаємодії з газами повітря. Для міді важливі теплопровідність, характер окиснення та можливі газові взаємодії.

Порядок опрацювання

1. Порівняти хімічні формули характерних оксидів трьох металів.
2. Для кожного матеріалу описати два хімічні чинники, що впливають на якість з'єднання.
3. Побудувати таблицю «метал — ризик — технологічна вимога до захисту».

Зразок або опорна схема

Навчальна схема: $Ti + O_2 \rightarrow TiO_2$. Реальна взаємодія нагрітого Ti з повітрям складніша та включає азот; тому для конкретного способу зварювання застосовують передбачений технологією захист не лише розплаву, а й нагрітих ділянок.

Завдання для самостійного виконання

1. Виписати формули Al_2O_3 , CuO, Cu_2O , TiO_2 та назви оксидів.
2. Підготувати таблицю порівняння хімічних чинників зварювання Al, Cu і Ti (не менше трьох рядків).
3. Пояснити двома абзацами, чому «інертний газ» не гарантує якості шва за забруднених кромок.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Яку небезпеку для нагрітого титану становить атмосферне повітря?
2) Чому алюмінієвий оксид слід розглядати окремо від основного металу?

Джерела: [1], лекції 11, 14, 16; [5], розд. 4 і 6; [9], розділи про Al, Cu, Ti.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 12

Теплові втрати та спрощений енергетичний баланс зварювальної дуги

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Розмежувати електричну енергію дуги та частину, що умовно надходить на нагрівання металу.

Короткі теоретичні відомості. Для навчального балансу енергія на вході $Q_{\text{ел}} = UIt$, а ефективна енергія $Q_{\text{кор}} = \eta UIt$. Нагрівання маси m описують як $Q_{\text{нагр}} = mc\Delta T$; плавлення — $Q_{\text{пл}} = mL$. Це спрощена модель без геометрії шва й складної теплопередачі, її не використовують для призначення режиму зварювання.

Порядок опрацювання

1. Занести U , I , t та η з таблиці Б із правильними одиницями.
2. Розрахувати електричну й умовну корисну енергію.
3. Порівняти $Q_{\text{кор}}$ з потребою для нагрівання та плавлення заданої маси сталі.
4. Оцінити, яких втрат не враховує навчальна модель.

Зразок або опорна схема

За $U=24$ В, $I=180$ А, $t=60$ с, $\eta=0,75$ маємо $Q_{\text{ел}}=259,2$ кДж, $Q_{\text{кор}}=194,4$ кДж. Для нагрівання 0,10 кг сталі на 1480 К за $c=0,70$ кДж/(кг·К): $Q_{\text{нагр}}=103,6$ кДж; для плавлення з $L=270$ кДж/кг: $Q_{\text{пл}}=27,0$ кДж.

Завдання для самостійного виконання

1. За таблицею Б розрахувати $Q_{\text{ел}}$ і $Q_{\text{кор}}$ для свого варіанта.
2. За $c=0,70$ кДж/(кг·К), $\Delta T=1480$ К та $L=270$ кДж/кг визначити теоретичну потребу нагріти й розплавити 0,10 кг сталі.
3. Визначити, чи перевищує умовне $Q_{\text{кор}}$ знайдену потребу; назвати щонайменше три спрощення моделі.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому корисна енергія менша за електричну? 2) Яка різниця між розрахунком енергії й визначенням реального режиму зварювання?

Джерела: [1], лекції 6, 12; [5], розд. 1–2; [2], тема 5.

НАПРЯМ 3. ХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ЗВАРЮВАННІ

Розглядаємо зварювальну ванну як систему «метал — газ — шлак»; усі числові умови нижче — навчальні, а не технологічні режими.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 13

Кисень, азот і водень у розплаві; фактори газонасичення й пористості

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Визначати можливі джерела газів у реакційній зоні та пов'язувати їх із дефектами.

Короткі теоретичні відомості. Кисень, азот і водень можуть надходити до розплавленого металу з повітря, вологи та складників зварювальних матеріалів. За охолодження змінюються розчинність і умови виділення газу; можливі пори, зміна властивостей і, за певних умов, водневе розтріскування. Пори й тріщини мають різні механізми утворення.

Порядок опрацювання

1. Скласти перелік потенційних джерел O, N та H у зварювальній зоні.
2. Зіставити джерело з можливим наслідком і технологічним запобіжним заходом.
3. Відокремити підтверджені за умовою причини від можливих гіпотез.

Зразок або опорна схема

Якщо покритий електрод неправильно зберігали у вологому приміщенні, волога може бути додатковим джерелом водню; однак висновок про конкретний дефект потребує даних про матеріал, режим, конструкцію та результати контролю.

Завдання для самостійного виконання

1. Скласти таблицю з 9 клітин: O, N, H × джерело, можливий прояв, профілактика.
2. Для навчального випадку «забруднені кромки; нерівномірний газовий захист; підвищена вологість» визначити чинники ризику для шва.
3. Пояснити, чому лише за фотографією пори не можна надійно визначити конкретний газ.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому вміст водню особливо критичний для деяких сталей? 2) Які відомості слід зібрати перед висновком про причину пористості?

Джерела: [1], лекції 14, 22; [5], розд. 3–4 і 10.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 14

Коефіцієнт переходу елемента і навчальний розрахунок хімічного складу шва

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Скласти спрощений баланс легувального елемента між основним і присадним металами.

Короткі теоретичні відомості. У навчальному розрахунку спочатку визначають масу елемента в частках основного та присадного металів. Потім ураховують заданий коефіцієнт переходу до металу шва. Реальна модель повинна окремо враховувати склад шлаку, випаровування, втрати металу і фактичну масу наплавлення.

Порядок опрацювання

1. Визначити масу Мп у кожному вихідному компоненті.
2. Скласти баланс Мп та помножити на умовний коефіцієнт переходу.
3. Поділити розраховану масу Мп на масу кінцевого металу шва; оформити припущення.

Зразок або опорна схема

Основний метал: $0,60 \text{ кг} \times 0,8 \% = 4,8 \text{ г Мп}$; присадка: $0,40 \text{ кг} \times 1,2 \% = 4,8 \text{ г Мп}$. Разом 9,6 г. За умовного переходу 80 %: 7,68 г Мп; при умовній масі шва 1,00 кг — 0,768 % Мп.

Завдання для самостійного виконання

1. За таблицею Б виконати спрощений баланс Мп для 0,60 кг основного металу із 0,80 % Мп та маси присадки і вмісту Мп зі свого варіанта.
2. Прийняти навчальний коефіцієнт переходу 0,80 та умовну масу готового металу, рівну сумі внесених металів; знайти частку Мп.
3. Записати, які фактори реального процесу не враховані.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому коефіцієнт переходу не завжди дорівнює одиниці? 2) Чому важливо розрізняти масу присадки та масу сформованого металу шва?

Джерела: [1], лекції 15, 20–21; [5], розд. 8; [10], практична робота № 4.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 15

Хімічні властивості Ar, He, CO₂; склад і застосування навчальних газових сумішей

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Визначати компонентний склад модельної суміші та пояснювати відмінність інертних і активних захисних газів.

Короткі теоретичні відомості. Ar та He належать до інертних газів; CO₂ за високих температур може брати участь у газових взаємодіях у реакційній зоні. Умовні відсотки в суміші слід називати об'ємними частками, якщо інше не зазначено. Реальні склади сумішей добирають за матеріалом і технологічними документами.

Порядок опрацювання

1. Записати властивості Ar, He, CO₂, важливі для зварювального середовища.
2. Перевести об'ємні відсотки суміші у частки одиниці.
3. Розрахувати об'єм кожного компонента і перевірити суму.

Зразок або опорна схема

500 л суміші 82 об. % Ar і 18 об. % CO₂ містять $V(\text{Ar})=410$ л та $V(\text{CO}_2)=90$ л за однакових умов для обох об'ємів. Це арифметичний баланс, а не рекомендація щодо складу реального газу.

Завдання для самостійного виконання

1. За таблицею В обчислити об'єми Ar та CO₂ у суміші свого варіанта.
2. Порівняти дві модельні суміші: Ar–CO₂ і чистий Ar з погляду хімічного характеру захисного середовища.
3. Скласти перелік умов, які потрібно перевірити, перш ніж призначати газ для певного матеріалу.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чим CO₂ відрізняється від Ar за поведінкою у високотемпературній зоні? 2) Чому суму об'ємних часток перевіряють як 100 %?

Джерела: [1], лекція 16; [5], розд. 6.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 16

Повне і неповне горіння ацетилену; реакції газового різання

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Правильно записувати рівняння горіння та відрізняти стехіометрію від реальної витрати кисню.

Короткі теоретичні відомості. За достатньої кількості кисню ацетилен може окиснюватися до CO_2 і H_2O ; за його нестачі можливе неповне окиснення. У газовому різанні також відбувається окиснення нагрітого металу. Реальний режим полум'я, безпека й витрата газів визначаються технологічною документацією.

Порядок опрацювання

1. Зрівняти рівняння повного та одного прикладу неповного горіння.
2. За коефіцієнтами розрахувати теоретичну кількість O_2 .
3. Окремо записати одну модельну реакцію окиснення Fe і пояснити її відмінність від горіння газу.

Зразок або опорна схема

$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. Для 6 л C_2H_2 потрібно 15 л O_2 за однакових Т і р, якщо розглядати саме повне стехіометричне горіння. Практична витрата кисню для реального обладнання цим числом не визначається.

Завдання для самостійного виконання

1. Розрахувати теоретичний об'єм O_2 для повного горіння 8 л C_2H_2 за однакових умов.
2. Зрівняти $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$ та пояснити відмінність продуктів.
3. Навести рівняння окиснення Fe до FeO і Fe_3O_4 ; указати, який компонент окиснюється в кожному випадку.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чим відрізняються повне і неповне горіння? 2) Чому навчальна стехіометрія не задає параметри газового різання?

Джерела: [1], лекція 17; [2], тема 5; [5], розд. 1 і 3.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 17

Класифікація компонентів електродного покриття за функціями

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Пояснити, для чого до покриття вводять газоутворювальні, шлакоутворювальні, розкиснювальні та зв'язувальні компоненти.

Короткі теоретичні відомості. Покриття електрода складається з кількох компонентів, що виконують різні функції: формують газо- і шлаковий захист, стабілізують горіння дуги, впливають на розкиснення й легування, забезпечують механічну цілісність покриття. Одна й та сама речовина може виконувати більше однієї функції.

Порядок опрацювання

1. Розподілити навчальні речовини за основною функцією.
2. Записати характерну реакцію термічного розкладу карбонату.
3. Порівняти вимоги до сухого й забрудненого покриття.

Зразок або опорна схема

$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2\uparrow$. Продукт розкладу CO_2 входить до газової фази, а CaO може бути складником шлаку. Це приклад багатофункціональності компонента, а не рецепт покриття.

Завдання для самостійного виконання

1. Укласти таблицю для CaCO_3 , TiO_2 , SiO_2 , феросплаву Mn і зв'язувальної речовини: основна функція та можливі додаткові функції.
2. Накреслити схему «покриття $\rightarrow$ газ/шлак $\rightarrow$ захист краплі й ванни».
3. Пояснити, чому пошкоджене або зволене покриття не можна вважати рівноцінним справному.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому одна речовина у покритті може мати кілька функцій? 2) Яка відмінність між розкиснювальним компонентом і шлакоутворювальним?

Джерела: [1], лекція 18; [5], розд. 6.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 18

Основність зварювальних флюсів і перехід продуктів розкиснення до шлаку

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Розрахувати умовний показник складу флюсу й пояснити розподіл продуктів розкиснення.

Короткі теоретичні відомості. Флюси й шлаки можуть містити оксиди різного характеру. Для навчального порівняння інколи користуються відношенням суми масових часток умовно основних оксидів до суми кислотних. Формула показника основності залежить від прийнятої методики: у звіті обов'язково наводять її визначення.

Порядок опрацювання

1. Класифікувати CaO, MgO, SiO₂ і Al₂O₃ за характером, зауваживши амфотерність Al₂O₃.
2. За наведеною навчальною домовленістю обчислити $B = (w(\text{CaO}) + w(\text{MgO})) / (w(\text{SiO}_2) + w(\text{Al}_2\text{O}_3))$.
3. Записати реакції утворення MnO і SiO₂ та шлях їх переходу до шлаку.

Зразок або опорна схема

Навчальна суміш: CaO 35 %, MgO 15 %, SiO₂ 30 %, Al₂O₃ 20 %. За домовленою формулою $B = (35 + 15) / (30 + 20) = 1,00$. Цей показник сам по собі не є промисловою характеристикою придатності флюсу.

Завдання для самостійного виконання

1. Для умовного флюсу CaO 40 %, MgO 10 %, SiO₂ 25 %, Al₂O₃ 25 % знайти B за заданою формулою.
2. Записати $\text{Mn} + \text{FeO} \rightarrow \text{MnO} + \text{Fe}$ та $\text{Si} + 2\text{FeO} \rightarrow \text{SiO}_2 + 2\text{Fe}$.
3. Зобразити схему «розкиснювач у металі → оксид → шлак» і навести одну умову, від якої залежить фактичне видалення включень.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому B слід наводити разом із формулою розрахунку? 2) Чому утворення оксиду ще не гарантує його повне вилучення зі шва?

Джерела: [1], лекції 19, 21; [5], розд. 5 і 7.

НАПРЯМ 4. ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, КОРОЗІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ

Оцінюємо склад зварювальних матеріалів, можливі дефекти, корозійні втрати і хімічні чинники безпеки за даними конкретної навчальної ситуації.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 19

Порівняння суцільного й порошкового дроту; матеріальний баланс присадки

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Визначити загальну масу компонентів модельного дроту та охарактеризувати їхні функції.

Короткі теоретичні відомості. Суцільний дріт має переважно однорідний металевий переріз; порошковий — металеву оболонку та наповнювач. Наповнювач може включати шлако- і газоутворювальні компоненти, легувальні й розкиснювальні добавки. Склад дроту задають окремо від фактичного складу металу шва.

Порядок опрацювання

1. Записати для порошкового дроту частку оболонки та наповнювача.
2. Розрахувати маси компонентів у модельній партії.
3. Порівняти, яку інформацію про суцільний і порошковий дріт потрібно отримати з паспорта.

Зразок або опорна схема

Для 5,0 кг порошкового дроту з 82 % оболонки і 18 % наповнювача: $m(\text{оболонки})=4,10$ кг; $m(\text{наповнювача})=0,90$ кг. Якщо наповнювач має 20 % умовного компонента, його маса — 0,18 кг.

Завдання для самостійного виконання

1. Для 12 кг дроту з масовою часткою наповнювача 15 % знайти маси оболонки та наповнювача.
2. Якщо частка феросплавної добавки в наповнювачі 12 %, визначити її масу.
3. Скласти порівняльну таблицю «суцільний/порошковий дріт: будова — компоненти — джерела даних про склад».

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому маса наповнювача не дорівнює масі металу, що перейшов у шов? 2) Які документи потрібні для підтвердження складу реальної партії дроту?

Джерела: [1], лекції 18, 20; [5], розд. 6; [10], практична робота № 8.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 20

Узагальнення взаємодії металу, газу і шлаку під час розкиснення та легування

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Побудувати узгоджену схему потоків елементів між фазами реакційної зони.

Короткі теоретичні відомості. У зварювальній ванні одночасно відбуваються перенесення компонентів між газом, шлаком та розплавом, окиснення, розкиснення і легування. Розрахунок окремої реакції є лише частиною загального матеріального балансу; для реальної системи істотні кінетика, перемішування та взаємодія фаз.

Порядок опрацювання

1. Накреслити три блоки: метал, газова фаза, шлак.
2. Позначити можливі потоки O, Mn, Si, H та продуктів реакцій.
3. Виконати спрощений стехіометричний розрахунок за заданими умовами.

Зразок або опорна схема

$Mn + FeO \rightarrow MnO + Fe$; $Si + 2FeO \rightarrow SiO_2 + 2Fe$. Для 0,10 моль Mn і 0,10 моль Si теоретично можуть бути зв'язані відповідно 0,10 і 0,20 моль FeO, разом 0,30 моль. При початкових 0,40 моль FeO умовний залишок — 0,10 моль.

Завдання для самостійного виконання

1. Виконати розрахунок для $n(FeO)=0,50$ моль, $n(Mn)=0,15$ моль та $n(Si)=0,10$ моль за наведеними реакціями.
2. Скласти таблицю матеріального балансу «введено — прореагувало — залишилось».
3. Окремим абзацом пояснити, чому стехіометричний результат не дорівнює гарантованій фактичній повноті розкиснення.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Які основні фази виділяють у реакційній зоні? 2) Чому міжфазний перенос обмежує застосування суто стехіометричної моделі?

Джерела: [1], лекції 13, 15, 19, 21; [5], розд. 3, 5, 7–8.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 21

Хімічні причини пористості та неметалевих включень; профілактичні заходи

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Розрізняти можливі хімічні причини двох груп дефектів зварного металу.

Короткі теоретичні відомості. Пори пов'язані з утворенням і затримуванням газових бульбашок під час затвердіння. Неметалеві включення можуть містити оксиди та інші продукти металургійних процесів, що не були вилучені шлаком. Причини, пов'язані з підготовкою поверхні, складом матеріалів і захистом ванни, необхідно оцінювати комплексно.

Порядок опрацювання

1. Скласти дві окремі причинно-наслідкові схеми: «пора» і «неметалеve включення».
2. Розподілити запропоновані фактори за ймовірним впливом, не підміняючи аналіз здогадкою.
3. Для кожної групи дефектів запропонувати контрольовані запобіжні заходи.

Зразок або опорна схема

У навчальному випадку волога на кромках є можливим джерелом водню, а неналежне видалення шлаку між проходами — одним із чинників шлакових включень. Наявність пор у готовому шві встановлюють контролем, але їхній точний газовий склад за зовнішнім виглядом не визначають.

Завдання для самостійного виконання

1. Для ситуації «волога присадка, забруднена кромка, нестабільний газовий захист, шлак після попереднього проходу» скласти матрицю факторів і дефектів.
2. Підготувати технологічну карту перевірок до та після зварювання, не призначаючи конкретних режимів.
3. Запропонувати два методи контролю, які допоможуть уточнити характер дефекту, та зазначити їхні обмеження.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чим механізм утворення пори відрізняється від утворення оксидного включення? 2) Чому дефект може мати декілька одночасних причин?

Джерела: [1], лекція 22; [5], розд. 4, 5 і 10.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 22

Гальванічна неоднорідність зварного з'єднання і показники швидкості корозії

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Розрахувати умовний масовий показник корозії й зіставити метал шва з основним металом.

Короткі теоретичні відомості. Корозійна поведінка зварного вузла залежить від хімічного та структурного стану шва, зони термічного впливу й основного металу та від властивостей середовища. Для модельних однакових зразків масовий показник $K = \Delta m / (S \cdot t)$. Перехід до глибинного показника можливий лише за заданої густини й додаткових припущень.

Порядок опрацювання

1. З таблиці В взяти Δm , S і t для модельного зразка сталі.
2. Обчислити K у $\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$ та, за потреби, умовну еквівалентну товщину втрати.
3. Зіставити дві зони за однакових умов досліду та зазначити обмеження порівняння.

Зразок або опорна схема

Для $\Delta m = 0,20$ г, $S = 50$ см^2 , $t = 240$ год: $K = 1,67 \cdot 10^{-5}$ $\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{год})$. За $\rho = 7,85$ $\text{г}/\text{см}^3$ умовна лінійна швидкість $\approx 0,186$ мм/рік, якщо припустити рівномірну корозію та незмінну швидкість.

Завдання для самостійного виконання

1. За таблицею В визначити K свого варіанта; привести відповідь із одиницями.
2. Порівняти з другим модельним зразком за Δm , меншою на 20 %, при незмінних S і t ; знайти відношення показників.
3. Пояснити, чому такий розрахунок не прогнозує глибину локальної корозійної виразки у справжній конструкції.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Навіщо потрібно нормувати втрату маси на площу й час? 2) Чому шов і зона термічного впливу не обов'язково кородують однаково?

Джерела: [1], лекції 8, 23, 25; [6], розд. 2, 4–7; [8], розд. 5.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 23

Порівняння очищення, знежирення, травлення і захисних покриттів

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Обрати послідовність підготовки поверхні для модельної зварної конструкції та виконати розрахунок витрати покриття.

Короткі теоретичні відомості. Механічне очищення видаляє слабо зв'язані продукти корозії та окалину; знежирення — органічні забруднення; травлення — певні оксидні шари в контрольованих умовах. Після зварювання можливі відповідні покриття. Послідовність визначають за матеріалом, станом поверхні, вимогами до шва і правилами безпеки.

Порядок опрацювання

1. Встановити вид і природу забруднення для кількох станів поверхні.
2. Порівняти механічне очищення, знежирення, травлення й нанесення покриття.
3. Розрахувати модельну масу захисного матеріалу за заданою нормою без прив'язки до реальної марки фарби.

Зразок або опорна схема

Для поверхні 12 м^2 та умовної витрати $0,15 \text{ кг/м}^2$ теоретична маса покриття $1,80 \text{ кг}$. За навчального коефіцієнта втрат 10% від закупленої маси потрібно $1,80/(1-0,10)=2,00 \text{ кг}$.

Завдання для самостійного виконання

1. Побудувати послідовність підготовки умовної іржавої конструкції з масляними плямами перед зварюванням, розділивши операції до й після зварювання.
2. Для площі 18 м^2 , витрати $0,12 \text{ кг/м}^2$ та умовних втрат 10% обчислити потрібну закупівельну масу покриття.
3. Навести три причини, через які конкретну операцію травлення не можна проводити без затвердженої інструкції.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому операції знежирення та видалення оксидів не замінюють одна одну? 2) Яку різницю має втрачена маса матеріалу, якщо 10% відлічувати від закупленої або від корисної кількості?

Джерела: [1], лекції 24–25; [6], розд. 8; [10], практична робота № 9.

САМОСТІЙНА РОБОТА № 24

Джерела аерозолів, газових продуктів і хімічні аспекти поводження з відходами

Обсяг: 2 академічні години. Вид роботи: розрахунково-аналітична / опрацювання джерел.

Мета. Скласти виробничу схему «джерело — шлях впливу — контроль — відхід» для робочого місця зварювальника.

Короткі теоретичні відомості. Під час зварювання можуть утворюватися аерозолі металів і їхніх оксидів та газоподібні продукти, склад яких залежить від матеріалу, електрода, газового захисту і процесу. Для безпечного поводження з відходами необхідні ідентифікація, роздільне збирання та документи підприємства. Розрахунок об'єму приміщення сам по собі не замінює оцінку вентиляції чи експозиції.

Порядок опрацювання

1. Побудувати таблицю можливих джерел зварювальних аерозолів та газів.
2. Для кожного джерела визначити загальний принцип контролю: локальне уловлювання, організаційні заходи, ЗІЗ за оцінкою ризику.
3. Скласти спрощений облік твердих відходів за заданою виробничою партією.

Зразок або опорна схема

За умовної партії 24 використаних фільтрувальних елементів масою по 0,30 кг: загальна маса 7,2 кг. Подальше поводження визначають не лише масою, а складом уловлених речовин і затвердженим порядком управління відходами.

Завдання для самостійного виконання

1. Скласти карту чинників для процесів у захисному газі та з покритим електродом: джерело, можливий продукт, спосіб контролю.
2. Розрахувати загальну масу 36 відпрацьованих фільтрів по 0,25 кг; окремо перелічити дані, потрібні для визначення класу/порядку поводження з ними.
3. Підготувати односторінкову пам'ятку з безпечного поводження з відходами без вигаданих гранично допустимих концентрацій.

Що подати. Короткий конспект або схема, виконані пункти завдання, результати з перевіркою, висновок (3–5 речень).

Контрольні запитання. 1) Чому склад аерозолу не однаковий для всіх зварювальних процесів? 2) Чому маса пилу не визначає автоматично його небезпечність і спосіб утилізації?

Джерела: [1], лекції 26–27; [5], розд. 6–7; [6], розд. про екологічні наслідки корозії.

ДОДАТОК А. ІНДИВІДУАЛЬНІ ВИХІДНІ ДАНІ

Для СРС № 1 і № 4. Номер варіанта визначає викладач. У СРС № 1 $n(\text{HCl})$ подано в молях чистої кислоти, що бере участь у модельній реакції; у СРС № 4 вважаємо, що концентрат і вода змішуються без реакції.

Вар.	CaCO_3 , г	Чистота, %	$n(\text{HCl})$, моль	Розчин, г	w ціль, %	w конц., %
1	9.5	79	0.155	1900	8	27
2	11.0	86	0.200	1400	3	23
3	12.5	93	0.245	900	8	30
4	14.0	76	0.110	2000	3	26
5	15.5	83	0.155	1500	8	22
6	17.0	90	0.200	1000	3	29
7	18.5	73	0.245	2100	8	25
8	8.0	80	0.110	1600	3	21
9	9.5	87	0.155	1100	8	28
10	11.0	94	0.200	2200	3	24
11	12.5	77	0.245	1700	8	20
12	14.0	84	0.110	1200	3	27
13	15.5	91	0.155	2300	8	23
14	17.0	74	0.200	1800	3	30
15	18.5	81	0.245	1300	8	26
16	8.0	88	0.110	800	3	22
17	9.5	95	0.155	1900	8	29
18	11.0	78	0.200	1400	3	25
19	12.5	85	0.245	900	8	21
20	14.0	92	0.110	2000	3	28
21	15.5	75	0.155	1500	8	24
22	17.0	82	0.200	1000	3	20
23	18.5	89	0.245	2100	8	27
24	8.0	72	0.110	1600	3	23
25	9.5	79	0.155	1100	8	30
26	11.0	86	0.200	2200	3	26
27	12.5	93	0.245	1700	8	22
28	14.0	76	0.110	1200	3	29
29	15.5	83	0.155	2300	8	25
30	17.0	90	0.200	1800	3	21

Для СРС № 1 прийняти $M(\text{CaCO}_3)=100,09$ г/моль, $M(\text{CO}_2)=44,01$ г/моль. Для СРС № 4 маса концентрату $m_k = m_{\text{кін}} \times w_{\text{ціль}}/w_{\text{конц.}}$ (усі w — у тих самих відсоткових одиницях).

ДОДАТОК Б. ІНДИВІДУАЛЬНІ ВИХІДНІ ДАНІ

Для СРС № 12 і № 14. Для енергетичної моделі $t=60$ с; для балансу Мп маса основного металу 0,60 кг і $w(\text{Мп})=0,80$ %. Маса умовного металу шва в СРС № 14 дорівнює сумі основного та присадного металів.

Вар.	U, В	I, А	η	m присадки, кг	Мп у присадці, %
1	21	220	0.74	0.325	1.10
2	22	160	0.80	0.350	1.40
3	23	230	0.68	0.375	0.80
4	24	170	0.74	0.400	1.10
5	25	240	0.80	0.425	1.40
6	26	180	0.68	0.450	0.80
7	20	250	0.74	0.475	1.10
8	21	190	0.80	0.300	1.40
9	22	260	0.68	0.325	0.80
10	23	200	0.74	0.350	1.10
11	24	270	0.80	0.375	1.40
12	25	210	0.68	0.400	0.80
13	26	150	0.74	0.425	1.10
14	20	220	0.80	0.450	1.40
15	21	160	0.68	0.475	0.80
16	22	230	0.74	0.300	1.10
17	23	170	0.80	0.325	1.40
18	24	240	0.68	0.350	0.80
19	25	180	0.74	0.375	1.10
20	26	250	0.80	0.400	1.40
21	20	190	0.68	0.425	0.80
22	21	260	0.74	0.450	1.10
23	22	200	0.80	0.475	1.40
24	23	270	0.68	0.300	0.80
25	24	210	0.74	0.325	1.10
26	25	150	0.80	0.350	1.40
27	26	220	0.68	0.375	0.80
28	20	160	0.74	0.400	1.10
29	21	230	0.80	0.425	1.40
30	22	170	0.68	0.450	0.80

У цій моделі η — умовний коефіцієнт переходу електричної енергії в корисну; для СРС № 14 незалежно від нього заданий коефіцієнт переходу Мп 0,80. Це різні фізичні величини.

ДОДАТОК В. ІНДИВІДУАЛЬНІ ВИХІДНІ ДАНІ

Для СРС № 15 і № 22. Розрахунковий склад газу — лише навчальний. Для корозії задано умовне зменшення маси сталевого зразка; це не дані реального випробування і не прогноз експлуатаційного ресурсу.

Вар.	V суміші, л	Ar, об. %	CO ₂ , об. %	Δm, г	S, см ²	t, год
1	350	85	15	0.225	55	288
2	400	92	8	0.350	70	264
3	450	82	18	0.150	40	240
4	500	89	11	0.275	55	216
5	550	79	21	0.400	70	192
6	600	86	14	0.200	40	168
7	650	93	7	0.325	55	144
8	700	83	17	0.125	70	120
9	750	90	10	0.250	40	288
10	800	80	20	0.375	55	264
11	850	87	13	0.175	70	240
12	900	94	6	0.300	40	216
13	300	84	16	0.100	55	192
14	350	91	9	0.225	70	168
15	400	81	19	0.350	40	144
16	450	88	12	0.150	55	120
17	500	78	22	0.275	70	288
18	550	85	15	0.400	40	264
19	600	92	8	0.200	55	240
20	650	82	18	0.325	70	216
21	700	89	11	0.125	40	192
22	750	79	21	0.250	55	168
23	800	86	14	0.375	70	144
24	850	93	7	0.175	40	120
25	900	83	17	0.300	55	288
26	300	90	10	0.100	70	264
27	350	80	20	0.225	40	240
28	400	87	13	0.350	55	216
29	450	94	6	0.150	70	192
30	500	84	16	0.275	40	168

За потреби перерахунку в умовну середню лінійну швидкість для рівномірної корозії прийняти ρ сталі = 7,85 г/см³, 1 рік = 8760 год. Формула: $v = 10 \times 8760 \times \Delta m / (\rho \times S \times t)$, мм/рік.

Екстраполяція застосовна лише до прийнятих навчальних припущень.

ДОДАТОК Г. ФОРМА ЗВІТУ ТА САМОПЕРЕВІРКА

ЗВІТ ЗА САМОСТІЙНОЮ РОБОТОЮ № _____

Поле	Відомості
ПІБ, група	_____
Дата, номер варіанта	_____
Тема і мета	_____
Опрацьовані джерела	_____
Вихідні дані та припущення	_____
Рівняння реакцій / схема	_____
Формули й обчислення	_____
Таблиця або карта результатів	_____
Перевірка	_____
Висновок (3–5 речень)	_____

Контрольний список перед поданням

- Правильний номер СРС і варіант, усі вихідні дані переписано без помилок.
- Хімічні формули не змінено під час зрівнювання; рівняння реакцій узгоджені.
- Кожен розрахунок містить формулу, підстановку, одиниці та результат.
- Значення, узяті з джерел, відокремлені від навчальних припущень.
- Висновок відповідає отриманим результатам; зроблено хоча б одну незалежну перевірку, де це можливо.
- Усі згадки про технологічні параметри правильно позначені як навчальні, а не виробничі норми.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

- [1] Конспект лекцій із дисципліни «Хімія» для ОПП «Зварювальне виробництво», спеціальність G9 «Прикладна механіка». Теми 1–27 (навчальні матеріали викладача).
- [2] Назарко І. С., Вічко О. І. Загальна хімія: навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2019. 192 с.
- [3] Хоботова Е. Б. Загальна та неорганічна хімія. Частина 1. Загальна хімія: підручник. Харків: ХНАДУ, 2023. 216 с.
- [4] Власенко Н. Є., Коваленко І. В., Потаскалов В. А. Хімія. Частина 1. Загальна хімія: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 191 с.
- [5] Коперсак В. М. Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 539 с.
- [6] Білоусова Н. А., Погребова І. С., Лінючев О. Г. Корозія та захист від корозії: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 180 с.
- [7] Булавін В. І. та ін. Практикум з основ загальної хімії для організації лабораторних, семінарських занять і самостійної роботи. 3-тє вид., допов. і випр. Харків: НТУ «ХП», 2017. 150 с.
- [8] Євсєєва М. В., Ранський А. П., Гордієнко О. А. Електрохімічні процеси. Теорія та практикум: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 111 с.

[9] Хоботова Е. Б. Загальна та неорганічна хімія. Частина 2. Неорганічна хімія: підручник. Харків: ХНАДУ, 2026. 300 с.

[10] Методичні рекомендації до практичних робіт із дисципліни «Хімія» для ОПП «Зварювальне виробництво» (9 практичних робіт, індивідуальні варіанти; матеріали викладача).

Примітка. За відсутності окремого джерела здобувач може скористатися конспектом відповідної лекції та іншим рекомендованим посібником, узгодивши заміну з викладачем. Необхідний навчальний рівень — фахова передвища освіта; поглиблені розділи фахової металургії рекомендовані для пояснення, а не для вимоги відтворити університетський обсяг.